

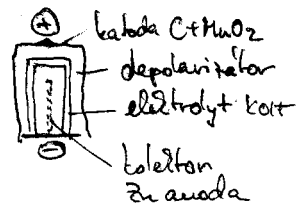
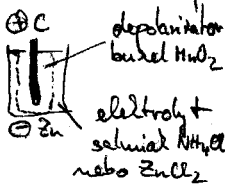
① Jaký je princip činnosti, konstrukce a vlastnosti nejběžnějších typů primárních článků a akumulátorů?

• chemické zdroje

- přeměna chemické energie na elektrickou
- základní části: kladná, záporná elektroda, elektrolyt
- pomocné části: separátor (odděluje elektrody, umožňuje pohyb náboje), depolarizátor (absorbuje H_2)
- parametry: srovnávací napětí (počáteční, koncové), kapacita [Ah], životnost (samovybití/počet cyklů)

• primární články

- s kyselinou elektrolytem (zinko-uhlíkové, zinko-chloridové, suché články)
 - suché články - elektrolyt zahuštěn
 - EMS 1,5V, typ. napětí 1,2V, samovybití, životnost $\sim 120\%$
- s alkalickým elektrolytem
 - zásaditý elektrolyt KOH
 - trojnásobná kapacita proti suchým, malé samovybití
- rtuťové (kyslíkové, vysoká kapacita, toxické)
- stříbro-zinkové ($\sim$ rtuťové, ale ekologické)
- lithiové (vysoká kapacita, EMS 3V, životnost > 10 let, vybití char. ekologické; nebezpečí vybuchnutí)



• akumulátory (sekundární články)

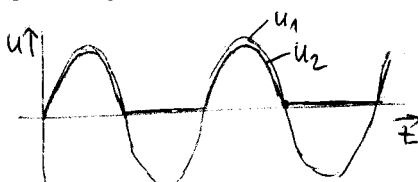
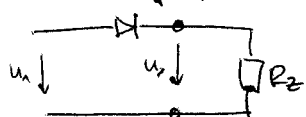
- olověné akumulátory
 - elektrolyt H_2SO_4 , rovnice $PbO_2 + 2H_2SO_4 \leftrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$
 - EMS 2,1V, jmenovité napětí $\sim 2V$, životnost ~ 5 let
 - sulfatizace - uzavřít vnitřní odpor; bezabsorbující - gelový elektrolyt
- NiCd
 - elektrolyt KOH, EMS $\sim 1,3V$, srovnávací hloubce vybití, paměťový efekt?
 - nabíjení 0,1-0,2C, rychlonabíjení $\Delta U/\Delta t$, oteplení
- NiMH (bez toxického Cd, vyšší EMS)
- RAOK (upravené primární alkalické články, malý počet cyklů)
- lithiové akumulátory
 - Li-Ion (nejčastější)
 - Li-Pol (elektrolyt nahrazen gelovým polymerem $\Rightarrow$ elektrické plochy článků)

Jaké zapojení měřicových usměrňovačů se nejčastěji využívají pro usměrňování střídavých napětí a jaké jsou jejich vlastnosti a přibližný usměrňovací napětí s nesetřvací a setřvací zátěží?

• měřicové usměrňovače

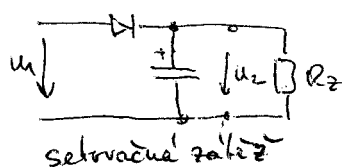
- zvláštní $p = 100 U_{PR} / U_0$, vliv na typ usměrňovače, pořadový I, použít C, L
- filtrace kondenzátorem $X_C = 1 / \omega C$; odpor ESR - degraduje funkci
- velký proudový odběr $\Rightarrow$ využít nárazové tlumivky

• jednocestný jednofázový usměrňovač

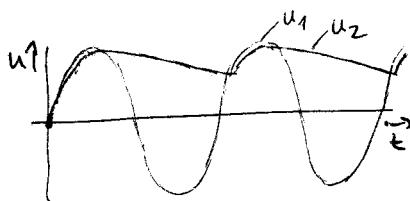


stř. hodnota $U_{20} = \frac{1}{\pi} U_{2max} = 0,32 U_{2max}$

maximální diody $U_{Dmax} = U_{1max}$



setřvací zátěž



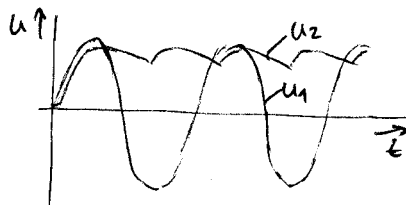
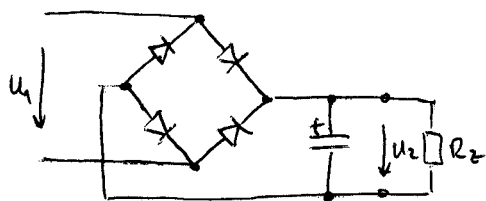
stř. hodnota $U_{20} \approx U_{2max} (1 - \frac{r}{200})$

maximální diody $U_{Dmax} \approx 2 U_{20}$

výhody: jednoduchost, cena

nevýhody: nízké U_{20} , zvláštní, ss složka proudu sekundárem $\Rightarrow$ hrozí přehřívání jádra

• dvoustupňový jednofázový usměrňovač



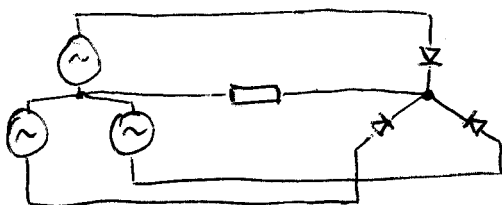
stř. hodnota

$U_{20} = \frac{2}{\pi} U_{2max} = 0,63 U_{2max}$

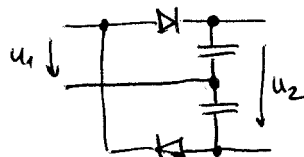
Gratziovův můstek (větší úbytek na diodách)

dvoustupňový usměrňovač 2x D (dvě vinutí transformátoru)

• jednocestný trifázový usměrňovač

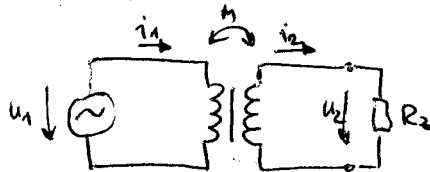


• násobiče: Greinacherův zdrojovač, Delonův násobí



③ Jaký je princip činnosti transformátoru, které parametry jsou při návrhu stěžími a s jakými ztrátami se při transformaci el. energie můžeme setkat?

- proud v primárním vinutí vytváří mag. indukční tok v mag. měkčím jádře
- časová změna mag. indukčního toku pak v sekundárním vinutí indukuje el. napětí
- u_1 a u_2 správena stejným mag. tokem $\Rightarrow$ stejný průběh
- mag. tok Φ_m je integrálem budícího napětí
- platí $i_1(t) = i_m(t) + i_1'(t)$, kde $i_m(t) \dots$ magnetizační proud ($\sim \Phi_m(t)$), sel. napětí $i_1'(t) = \frac{N_2}{N_1} i_2(t) \dots$ čerpání energie



- tok $\Phi_1(t)$ plus kompenzace $\Phi_2(t) \Rightarrow$ tok $\Phi_m(t)$ v jádře konstantní nezávislý na zatížení $\Rightarrow$ systém jádra nezávislý na zatížení, tj. převáděném výkonu
- převod transformátoru $n = \frac{u_1}{u_2} = \frac{N_1}{N_2}$
- reálné $P_{max} \approx f \cdot S_c \cdot S_w$
- ztráty v reálném transformátoru
 - Jouleovy ztráty ve vinutí $P_R = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 \Rightarrow$ zavedení max. proudové hustoty $J = I/S_w$ [A/mm^2]; ztráty rostou s třetí mocninou velikosti, chlazeni s druhou mocninou $\Rightarrow$ větší trafo menší J
 - stínění u impulsních transformátorů
 - hysteretní ztráty v jádře $P_h \approx B_m^2 \cdot f \dots$ energie potřebná pro přemagnetování jádra $\Rightarrow$ intenzita mag. měkčích materiálů - minimalizuje B_m
 - ztráty vířivými proudy v jádře $P_v \approx f^2 \dots$ jádro je elektricky vodivé a tvoří závit nádrážky $\Rightarrow$ maximalizace měrného odporu, izolované plechy s SiO_2 povrchem
 - rozptyl transformátoru - L_e v seř. obvodu, proud vyvolá rozptylový tok Φ_e a úbytek $\Delta u_2 \Rightarrow$ „měřý“ transformátor
- návrh transformátoru - parametry
 - napětí a kmitočet primární, výkon na sekundární, tepelná bilance
 - výběr jádra, max. systém $\Rightarrow$ počet závitů na volt
 - výkon proudových hustot, průměrné vinutí, činitele plnění oleja

NEZ
④ Pro jaké účely se u napájecích zdrojů používají cívky s feromagnetickým jádrem a které fyzikální veličiny a materiálové parametry se při jejich návrhu uplatňují?

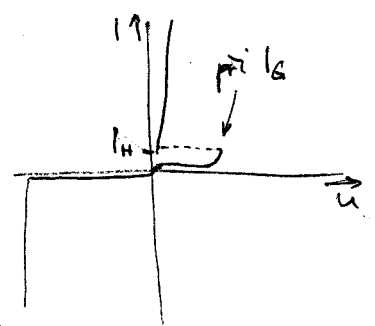
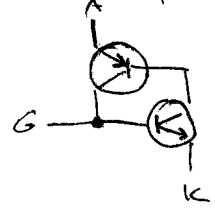
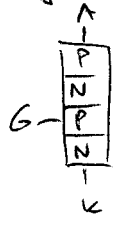
- cívky s feromag. jádrem
 - princip mag. indukce (el. energie $\leftrightarrow$ energie mag. pole)
 - základním parametrem indukčnost
- použití:
 - vyhlazovací, akumulární tlumivky v obvodech ss proudů
 - tlumivky v obvodech střídavého proudů
 - VF rezonanční obvody, LC filtry
- požadujeme indukčnost L , známe proud cívky (návrh jádra a vinutí, kontrola max. sycem B_m)
- pro napětí platí $u(t) = N \frac{d\phi(t)}{dt} = L \frac{di(t)}{dt}$, potom $N = \frac{L \cdot I_m}{B_m \cdot S_c}$ ($\phi(t) = B(t) \cdot S_c$)
- současně platí pro mag. vodivost mag. obvodu cívky $\Lambda = L/N^2 \dots$ dána vlastnostmi jádra $\Rightarrow$ nastavení pomocí vzduchové mezery, potom $1/\Lambda = R_{Fe} + R_{space}$
- permeabilita jádra silně nelineární $\mu_r = f(B) \Rightarrow$ řešeno měřením („pracovní bod“)
- mezera ovlivňuje sycem - klesne indukčnost, proud $i(t)$ se nemění $\Rightarrow$ vhodná pro napěťové buzení (síťové transformátory, měniče propustného typu), vhodná pokud je $\Phi_{pou} \neq 0$, tj. cívkou běží i ss proud (trafo výstupu jednočinného zesilovače tř. A, měniče blokujícího typu)
- postup návrhu: volba jádra, výpočet počtu závitů, vzduchové mezery, průřez / průměr vodiče dle zvolené proudové hustoty, kontrola plnění okénka

NEZ
5

Jak pracují thyristor a triak a jakým způsobem se využívají v konstrukcích různých usměrňovačů a stabilizátorů střídavého výkonu?

• thyristor

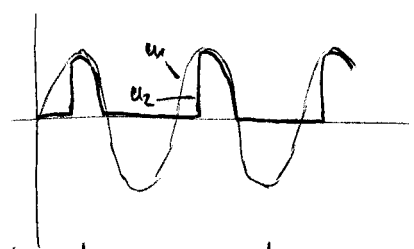
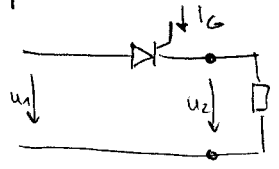
- čtyřvrtý prvek PNPN, tři přechody



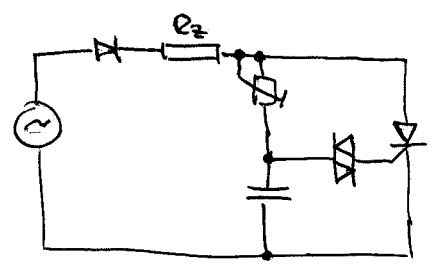
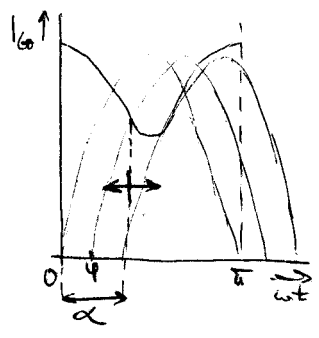
- GTO thyristor (gate turn off) - vypínací
- IGCT (integrated gate-commutated thyristor) - extrémně rychlý
- triak (PNPN, "thyristor" pro obě polarity)

• Fázové usměrňovače

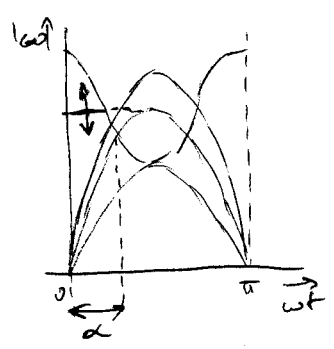
- Fázové stř. hodnoty výst. napětí/proudu $\Rightarrow$ výkon
- celobřezový usměrňovač (všechny prvky vřezové), polobřezový (polovina prvků)
- princip



• horizontální řřez (fázové) - střídavé, impulsové



• vertikální řřez (proudové) - střídavé, stejnosměrné



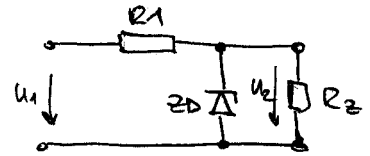
⑥ Jaké jsou principy spojitých stabilizátorů a jaké jsou výhody a nevýhody vůči nespojitým stabilizátorům, jaké jsou druhy, zapojení a aplikace referenčních napěťových zdrojů?

• spojitě stabilizátory

- stabilizují U/I na zátěži, ideálně nezávisle na vst. napětí, vst. proudu, teplotě, ...
- u zdrojů U def. proudem činitel stabilizace $S_I = \frac{dU_2}{dI_2} \Rightarrow$ tuhé, měkké zdroje
- činitel potlačení zrušení $P_{uds} = 20 \log \left. \frac{dU_2}{dU_1} \right|_{I_2 = \text{konst.}}$
- napěťový přenos $A_u = \frac{U_2}{U_1}$, min. úbytek $U_{Dscrmin} = U_{1min} - U_2$

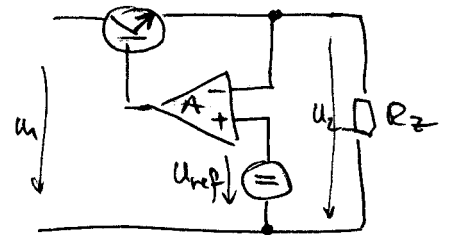
• parametrické stabilizátory (nelineární)

- princip rozdíl mezi statickým a dynamickým odporem vlnového prvku, $R_{dyn} < R_{stat}$
- typický stabilizátor se ženerovanou diodou
- se ZD a pomocným tranzistorem



• zpětnovazební stabilizátory (lineární)

- zapojení složeno z napěťové reference, zesilovače odchylky (tvorí odporovou ZV) a dělicího členu



• napěťové referenční zdroje

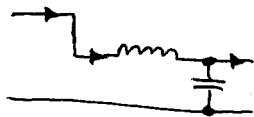
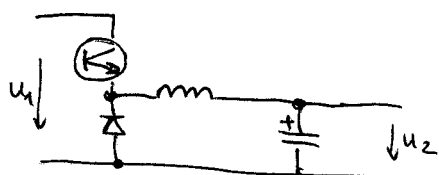
- úkolem generovat definované napětí s malou závislostí na vnějších veličinách (teplota, pracovní proud), důležitá tolerance výst. napětí
- reference na bázi ženerových diod
 - do 6V ženerův jev, nad 6V (avinový) nedestructivní přívaz
 - další parametry: tolerance, ztrátový výkon, stabilita, hystereze, šum
 - teplotní závislost - lze kompenzovat zapojením diody s (avinovým) přívazem sériově s diodou se ženerovým přívazem nebo nezávisle s diodami
- reference typu Band-Gap
 - využívá vlastností PN přechodu
 - teplotní nezávislost dosažena odečítáním napětí jeho difference mezi dvěma PN přechody

NEZ
 7) Jaké typy DC/DC měničů bez transformátoru znáte, jaké jsou jejich vlastnosti a jak se navrhují?

• spínací zdroje

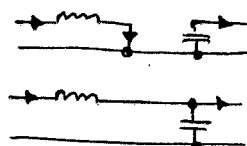
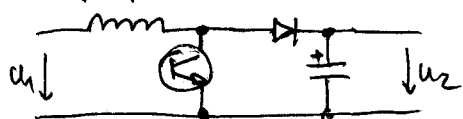
- předávání energie po částech (nespojitá regulace), akumulace díky květi uhlazení
- pracovní kvadranty: 1+3 (měnič → zatěž), 2+4 (aktivní zatěž → měnič)

• snižující DC/DC měnič (step-down, buck) [horní spínací, 1.kv.]



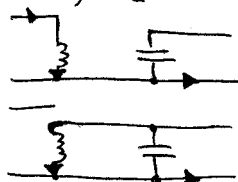
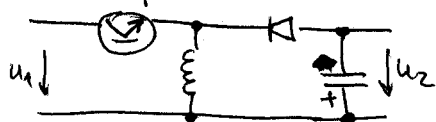
- vst. proud má impulsní charakter → rušiv
- napětové namáhání rovno U_1
- konst. střída, odlehčení $\Rightarrow U_2 = U_1/2$

• zvyšující DC/DC měnič (step-up, boost) [dolní spínací, 1.kv.]



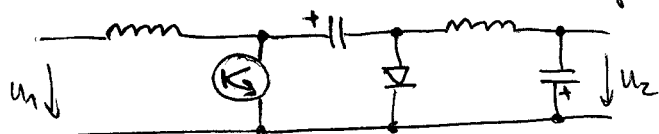
- vst. proud má impulsní charakter $\Rightarrow$ rušiv
- napětové namáhání rovno U_2
- konst. střída, odlehčení $\Rightarrow U_2 \rightarrow \infty$

• invertující DC/DC měnič (buck-boost) [horní spínací, 3.kv.]



- vst. i vst. proud impulsní charakter $\Rightarrow$ rušiv, impulsní proud přes C
- napětové namáhání $U_1 + U_2$
- konst. střída, odlehčení $\Rightarrow U_2 \rightarrow \infty$

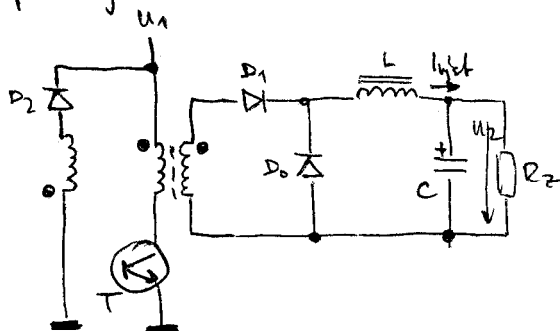
• Ćukův DC/DC měnič [horní spínací, 3.kv.]



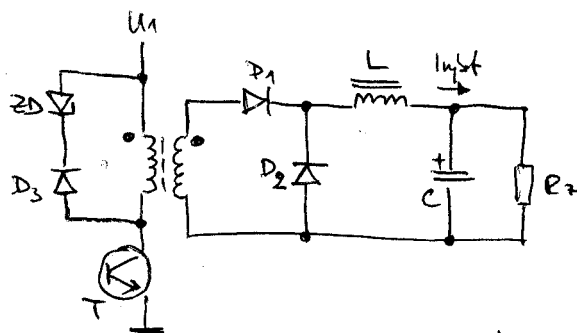
- vst. i vst. proud velmi malý zvláště; impulsní proud přes C $\Rightarrow$ rušiv
- napětové namáhání $U_1 + U_2$
- konst. střída, odlehčení $\Rightarrow U_2 \rightarrow \infty$

Jaký je princip činnosti propustných DC/DC měničů a jak se provádí jejich návrh?

- s transformátorem $\Rightarrow$ galvanické oddělení, transformace; jednočtyřkvadrantové
- nutnost demagnetizace (nulová stř. hodnota primárního napětí)
- propustný DC/DC měnič



s demagnetizačním vinutím

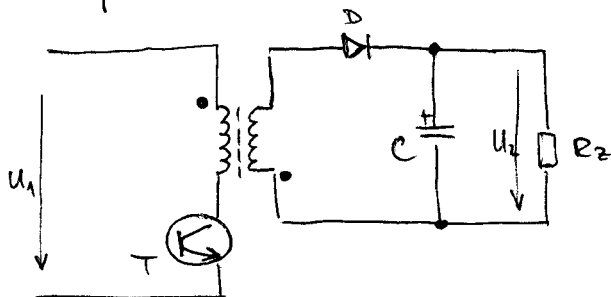


s demagnetizací pomocí ZD

- předpokl. $L \rightarrow \infty \Rightarrow$ při vypnutí T teče konstantní I_{out}
- během sepnutí T odebrána energie $I_{out} \frac{N_2}{N_1}$ ze zdroje, dodávána do zátěže
- po rozepnutí T - proud do zátěže dodává akumulaci tlumiče, primární proud složen převážně, nutně odečtení mag. toku Φ_m jádra - demagnetizace
 - pomocí demag. vinutí - přes D_2 napětové omezení na velikost napětí zdroje, za $t_{demag} < t_2$ dojde k poklesu Φ_m na nulu, t_{demag} omezuje max. střidu
 - demag. pomocí ZD - omezení na velikost Zenerova napětí, opět $t_{demag} < t_2$ kde $t_{demag} \approx 1/U_Z \Rightarrow$ omezuje max. střidu, mag. ztráty přeměněny na ZD na teplo ($\sim 2\%$ výkon)
- výstupní napětí $U_{out} = U_1 \frac{N_2}{N_1} \cdot S$
- měniče vhodné pro přenos velkých výkonů
- účinný výkon celý transformován do výst. tlumiče, nepadá se na magnetizaci jádra

9) Jaký je princip činnosti blokových DC/DC měničů a jak se provádí jejich návrh?

- s transformátorem $\Rightarrow$ galvanické oddělení, transformace, jednovadřantové
- „transformátor“ ve skutečnosti tlumivý (používá vzdušnou mezeru)
- blokový DC/DC měnič



- základem je invertující měnič se společnou tlumivkou
- vypnutí T , v jádře akumulován tok Φ_m , primární proud téci nemůže, teče sekundární $\Rightarrow u_2$ konst., iz lineárně klesá
- sepnutí T , na primární napětí $u_1 = +U_1$, dioda D na sekundární v závěrném směru $\Rightarrow i_2$ složen záně, i_1 je $i_2 \frac{N_2}{N_1}$ a lineárně vzrůstá $\Rightarrow$ roste Φ_m
- transformátorem teče během t_1 proud primární, během t_2 proud sekundární $\Rightarrow$ oba proudy magnetizační - svázaný s tokem Φ_m
- výkon limitován jádrem a max. syčením ($\sim 100 \text{ W max.}$)
- není nutná demagnetizace a výstupní tlumivka
- výstupní napětí $U_{\text{vst}} = U_1 \frac{s}{1-s} \frac{N_2}{N_1}$
- transformátor navrhován jako tlumivka (dvě vinutí) $\Rightarrow$ konkrétní hodnota indukčnosti, dosahováno vzdušnou mezerou

Jaké výkonové spínací součástky se v impulsních měřicích využívají, jaké jsou jejich základní vlastnosti a jaké jsou požadavky na ideální spínací prvek?

- ideální spínací prvek
 - nulový odpor v sepnutém stavu, nekonečná proudová zatížitelnost
 - nekonečný odpor ve vypnutém stavu, nekonečná napěťová odolnost proti přetížení
 - nulová doba sepnutí a rozsepnutí
 - nulový přechodový odpor
- bipolární tranzistory
 - výkonné ve spínacích výkonových aplikacích klesá
 - do 10A nahrazeny MOS-FETy, nad 10A (Darlingtony) nahrazeny IGBT (pomalejší!)
 - vysokonapětové pouze NPN
- tranzistory MOS-FET
 - nejrychlejší, měnič pro napětí do 300V (až 400V)
 - vysokonapětové pouze s kanálem N, obšlacovací typ (prahové napětí 2-6V; 0 = zámek)
 - parazitní substrátová dioda - pro VN FETy pomalá ($t_m = 1 \mu s$), pro MN ($\leq 100V$) OK
 - MOS-FETy řízené z log. hradla (prahové napětí $\sim 2V$)
- tranzistory IGBT
 - vysoké spínané proudy (400A), vysoká závěrná napětí (1,6 kV)
 - řádově rychlejší než BT, nepatrně pomalejší než MOS-FETy ($\sim 1,5 \mu s$)
 - izolovaná elektroda G $\Rightarrow$ vysoký vst. odpor
 - bez parazitní diody

